

(51)Int.Cl. <sup>7</sup>	識別記号	F I	テーマト*(参考)
H 0 1 L 21/027		G 0 3 F 7/20	5 0 4 2 H 0 9 7
G 0 3 F 7/20	5 0 4	H 0 1 J 37/147	C 5 C 0 3 3
H 0 1 J 37/147		H 0 1 L 21/30	5 4 1 D 5 F 0 5 6
			5 4 1 H

審査請求 未請求 請求項の数6 O L (全 8 頁)

(21)出願番号 特願2000-12620(P2000-12620)

(22)出願日 平成12年1月21日(2000.1.21)

(71)出願人 000004112

株式会社ニコン

東京都千代田区丸の内3丁目2番3号

(72)発明者 清水 弘泰

東京都千代田区丸の内3丁目2番3号 株

式会社ニコン内

(74)代理人 100094846

弁理士 細江 和昭

Fターム(参考) 2H097 A403 CA16 KA15 LA10

5C033 GG03 GG05 JJ02 NN07

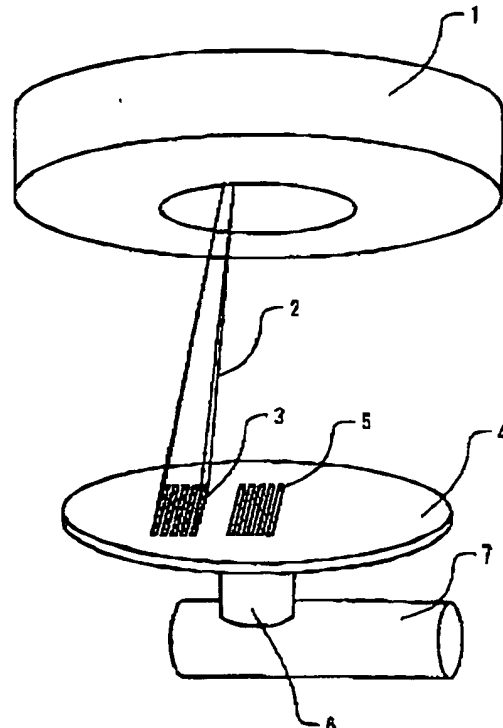
5F056 BA08 BB10 CB07 EA04

(54)【発明の名称】 荷電粒子線装置のビーム調整装置、荷電粒子線装置及び半導体デバイスの製造方法

(57)【要約】

【課題】 物面と像面における荷電粒子線の位置関係を調整する際に、ビーム調整を正確に行い、かつ調整時間を短縮することができる荷電粒子線装置のビーム調整装置を提供する。

【解決手段】 電子線2は不図示の偏向器によってビーム調整用開口5上を走査される。電子線2の走査に伴い、像3とビーム調整用開口5との一致具合が変化し、これに伴い、シンチレータ6で検出される電子線2の強度が変化する。シンチレータ6の出力は光電子増倍管7で電気信号に変えられて、図示しない処理装置で処理される。反射電子でなく電子線の電子そのものを直接検出することができるので、検出される電子線の量が多くなる。これに加え、シンチレータ6をビーム調整用開口5の直下に設けることができるので、検出の見込み角を大きくすることができ、検出効率も上げることができる。



## 【特許請求の範囲】

【請求項1】 荷電粒子線の物面におけるビーム位置と像面におけるビーム位置の相対関係を所定の関係に調整するビーム調整装置であって、物面位置に設けられたパターンを通過した荷電粒子線を、像面位置に設けられた所定形状の開口を有する荷電粒子線遮蔽体又は荷電粒子線散乱体に照射して、前記パターンの像を前記荷電粒子線遮蔽体又は荷電粒子線散乱体上に結像させて走査し、前記開口を通過する荷電粒子線を検出して処理することにより、荷電粒子線の物面におけるビーム位置と像面におけるビーム位置の相対関係を求め、これに基づいて荷電粒子線の物面におけるビーム位置と像面におけるビーム位置の相対関係を所定の関係に調整する機能を有することを特徴とする荷電粒子線装置のビーム調整装置。

【請求項2】 請求項1に記載の荷電粒子線装置のビーム調整装置であって、像面位置に設けられた所定形状の開口が、物面位置に設けられたパターンの像面位置における像と同一の形状とされていること特徴とする荷電粒子線装置のビーム調整装置。

【請求項3】 請求項1又は請求項2に記載の荷電粒子線装置のビーム調整装置であって、前記荷電粒子線散乱体が薄膜で形成されていることを特徴とする荷電粒子線装置のビーム調整装置。

【請求項4】 請求項1から請求項3に記載の荷電粒子線装置のビーム調整装置であって前記パターンの像を荷電粒子線散乱体上に結像させるものにおいて、開口を通過した荷電粒子線を検出する検出器と前記結像面との距離が、前記開口の寸法の3倍以上離れた位置に設けられていることを特徴とする荷電粒子線装置のビーム調整装置。

【請求項5】 請求項1から請求項4のうちいずれか1項に記載のビーム調整装置を備えていることを特徴とする荷電粒子線装置。

【請求項6】 請求項5に記載の荷電粒子線装置を用いて、レチクル又はマスクに形成されたパターンをウェハに露光転写する行程を有してなることを特徴とする半導体デバイスの製造方法。

## 【発明の詳細な説明】

## 【0001】

【発明の属する技術分野】 荷電粒子線の物面におけるビーム位置と像面におけるビーム位置の相対関係を所定の関係に調整するビーム調整装置、及びそれを使用した荷電粒子線装置に関するものである。

## 【0002】

【従来の技術】 近年、半導体の微細加工技術は年々進歩を遂げている。現在の露光装置は、光によるものが主流であるが、さらなる微細加工を進める上では、光の短波長化が要求される。しかしながら、その短波長化には限界があり、また、X線を使用する露光装置も考えられてはいるが、レチクルの製作が容易ではないなどといった

点から、現時点で実用化はなされていない。このような背景から、電子線等、荷電粒子線による転写、露光が注目されている。

【0003】 荷電粒子線装置の例として、従来の電子線露光装置の1例を図6に示す。電子源11から放出された電子線12は、第1照射レンズ13によって成形開口14を照射する。成形開口14を通過した電子線12は、第2照射レンズ15及び第3照射レンズ16により、成形開口14の像をレチクル17上に結像する。レチクル17上には転写すべきパターンが形成されている。レチクル17を通過した電子線12は、第1投影レンズ18及び第2投影レンズ19によって、ウェハ20上にレチクル17上のパターンの像を結像する。

【0004】 このような、電子線露光装置においては、レチクル17に形成されたパターンの像を、ウェハ20の目的の位置に正確に結像させるために、レチクル17とウェハ20の位置における電子線の位置が所定の関係になっている必要がある。このような所定の関係が得られるように、電子線の位置を調整することをレチクル17とウェハ20の位置合わせと呼んでいる。この位置合わせとしては、最終的にはレチクル17とウェハ20の位置間の位置合わせを行う必要があるが、その前段階として、レチクル17を搭載するレチクルステージ又はレチクルと、ウェハ20を搭載するウェハステージの位置合わせを行うのが普通である。

【0005】 従来行われていたレチクルステージとウェハステージの位置合わせを行う方法の例を、図7を用いて説明する。図7において、投影レンズ1によって焦点合わせされた電子線2は、像面となるウェハステージ4上に像3を結ぶ。像3は、投影光学系調整用パターンの像で、通常、不図示のレチクルまたはレチクルステージ上に形成された長方形のパターン列になっている。像面となるウェハステージ4上にはビーム調整用パターン9が設けられている。ビーム調整用パターン9は、通常、半導体上に金属パターンを設けたり、金属に凹凸のパターンを付けたもので、投影光学系調整用パターンが理想的な焦点、倍率、回転、非点、歪み条件で結像されたときの像3と同一の形状とされている。

【0006】 電子線2は不図示の偏向器によってビーム調整用パターン9上を走査され、ビーム調整用パターン9に入射した電子は、ビーム調整用パターン9の材質、形状に応じた反射電子を発生する。反射電子は、投影レンズ1の下面に設置された反射電子検出器10によって検出される。反射電子検出器10としては、通常半導体検出器が用いられる。電子線2の走査に伴い、像3とビーム調整用パターン9との一致具合が変化し、これに伴い、反射電子検出器9で検出される反射電子の強度が変化する。

【0007】 その様子を、図8を用いて説明する。像3が偏向位置によって(a)、(b)、(c)のように移動する

と、ビーム調整用パターン9との重なり具合に応じて、反射電子検出器10で検出される信号波形は、(d)で示される波形のようになる。この波形は像の焦点、倍率、回転、非点、歪みが理想的な場合の信号波形を示しており、像3の焦点、倍率、回転、非点、歪み等が理想的な条件から外れ、ビーム調整用パターン9に一致しないときは、像3のボケや歪に起因して波形は三角型から鈍り、最大強度 $I_{max}$ も低下する。投影レンズ、非点補正装置等はこの波形の最大強度 $I_{max}$ が最も大きくなるように調整される。

【0008】この $I_{max}$ が得られる偏向位置が、レチクルステージとウェハステージの位置が一致した位置である。よって、所定の偏向を与えたとき、 $I_{max}$ が所定の位置で得られるようにレチクルステージとウェハステージの相対位置関係を調整する。あるいは、 $I_{max}$ が得られる偏向位置を与える偏向器の設定条件を、レチクルステージとウェハステージの光軸が合った状態として、この点を基準として偏向器の作動を決定するようにする。

【0009】

【発明が解決しようとする課題】しかしながら、以上説明したように、ウェハステージに形成されたビーム調整用パターン8からの反射電子の強弱を検出して位置合わせを行う方法では、反射電子を検出する半導体検出器10が、反射電子検出のための見込み角を大きく取れないために、あまり大きな検出信号を得ることができない。また、入射電子に対するゲインも1000倍程度にする必要があるため、検出信号のS/N比はあまり良くなかった。そのため、繰り返し走査を行ったり、走査速度を遅くしてS/N比を上げる必要があり、調整時間が長くなるという問題点を有していた。

【0010】本発明はこのような事情に鑑みてなされたもので、物面と像面における荷電粒子線の位置関係を調整する際に、これらの位置関係を正確にS/N比良く検出することにより、ビーム調整を正確に行い、かつ調整時間を短縮することができる荷電粒子線装置のビーム調整装置及びこれを使用した荷電粒子線装置を提供することを課題とする。

【0011】

【課題を解決するための手段】前記課題を解決するための第1の手段は、荷電粒子線の物面におけるビーム位置と像面におけるビーム位置の相対関係を所定の関係に調整するビーム調整装置であって、物面位置に設けられたパターンを通過した荷電粒子線を、像面位置に設けられた所定形状の開口を有する荷電粒子線遮蔽体又は荷電粒子線散乱体に照射して、前記パターンの像を前記荷電粒子線遮蔽体又は荷電粒子線散乱体上に結像させて走査し、前記開口を通過する荷電粒子線を検出して処理することにより、荷電粒子線の物面におけるビーム位置と像面におけるビーム位置の相対関係を求め、これに基づいて荷電粒子線の物面におけるビーム位置と像面における

ビーム位置の相対関係を所定の関係に調整する機能を有することを特徴とする荷電粒子線装置のビーム調整装置（請求項1）である。

【0012】本手段においては、従来技術と異なり、物面位置に設けられたパターンの像を像面に設けられた開口に沿って走査し、開口を透過する荷電粒子線の量を測定して処理することにより、物面におけるビーム位置と像面におけるビーム位置の相対関係を求めるようにしている。よって、反射電子を用いる従来の方と異なり、多量の荷電粒子線を検出することができると共に、前記開口の直近に荷電粒子線検出器を設置することができるので、荷電粒子線を検出するための見込み角を大きくとることができる。

【0013】よって、検出器から大きな信号をS/N比よく取り出すことができるので、高速で像を走査しても十分正確な信号を得ることができる。従って、荷電粒子線の物面におけるビーム位置と像面におけるビーム位置の相対関係を迅速に、かつ正確に合わせることができる。荷電粒子線の物面におけるビーム位置と像面におけるビーム位置の相対関係を合わせる手段については、従来技術で述べた方法をそのまま使用することができる。

【0014】なお、言うまでもないことであるが、荷電粒子線遮蔽体、荷電粒子線散乱体といっても相対的なもので、荷電粒子線遮蔽体は大部分の荷電粒子線を反射、吸収により遮蔽するが、一部分を散乱する場合もあり、荷電粒子線散乱体も、一部分の荷電粒子線を吸収、反射する場合もある。

【0015】前記課題を解決するための第2の手段は、前記第1の手段であって、像面位置に設けられた所定形状の開口が、物面位置に設けられたパターンの像面位置における像と同一の形状とされていること特徴とするもの（請求項2）である。

【0016】本手段においては、物面位置に設けられたパターンの像が、開口と一致したときに最大の信号が得られるようになるので、特にS/N比の良い検出信号が得られる。

【0017】前記課題を解決するための第3の手段は、前記第1の手段又は第2の手段であって、荷電粒子線散乱体が薄膜で形成されていることを特徴とするもの（請求項3）である。

【0018】物面におけるビーム位置と像面におけるビーム位置の相対関係を精度良く検出するためには、物面位置に設けられるパターンと像面位置に設けられる開口を共に微細なものとする必要がある。特に、縮小露光転写を行うような荷電粒子線装置においては、像面位置に設けられる開口は、特に微細なものとする必要がある。このような微細な開口を形成するために、荷電粒子線散乱体を薄膜で形成すると、リソグラフィ技術等により微細な開口を精度良く加工することができる。

【0019】前記課題を解決するための第4の手段は、

特開2001-203149 (P2001-203149A)

前記第1の手段から第3の手段のいずれかであって、前記パターンの像を荷電粒子線散乱体上に結像させるものにおいて、開口を通過した荷電粒子線を検出する検出器と前記結像面との距離が、前記開口の寸法の3倍以上離れた位置に設けられていることを特徴とするもの（請求項4）である。

【0020】開口を通過した荷電粒子線を検出して物面におけるビーム位置と像面におけるビーム位置の相対関係を精度良く検出するために、前記開口の幅と開口間の幅の比を約1:1とすることが多い。本手段においては、開口を通過した荷電粒子線を検出する検出器と前記結像面との距離を、前記開口の寸法の3倍以上としているので、このような場合、通常cos分布を有する散乱線が検出器に達するまでに十分に広がって平滑化され、開口部の幅とを通過した荷電粒子線と荷電粒子線散乱体によって散乱された荷電粒子線との強度比が10:1以上となる。この程度であれば、検出される荷電粒子線の量のパターンより、物面におけるビーム位置と像面におけるビーム位置の相対関係を、露光転写に必要な精度とすることが容易である。

【0021】前記課題を解決するための第5の手段は、前記第1の手段から第4の手段のうちいずれかを備えていることを特徴とする荷電粒子線装置（請求項5）である。

【0022】本手段においては、荷電粒子線の物面におけるビーム位置と像面におけるビーム位置の相対関係を迅速に、かつ正確に合わせることができ、微細なパターンの映像を像面に正確に結像させることができると共に、位置合わせの時間を要しないのでスループットが向上する。

【0023】前記課題を解決するための第6の手段は、前記第5の手段を用いて、レチクル又はマスクに形成されたパターンをウェハ上に露光転写する行程を有してなることを特徴とする半導体デバイスの製造方法（請求項6）である。

【0024】本手段においては、微細なパターンの映像を像面に正確に結像させることができるので、集積度の高い半導体デバイスを歩留よく製造することができる。

【0025】

【発明の実施の形態】以下、本発明の実施の形態の例を図を用いて説明する。図1は本発明の実施の形態である、電子線露光装置のビーム調整装置の1例における主要部を示す概要図である。図1において、1は投影レンズ、2は電子線、3は投影光学系調整用パターンの像、4はウェハステージ、5はウェハステージに形成された開口、6はシンチレータ、7は光電子増倍管である。

【0026】投影レンズ1によって焦点合わせされた電子線2は、像面となるウェハステージ4上に像3を結ぶ。像3は、投影光学系調整用パターンの像で、通常、不図示のレチクルまたはレチクルステージ上に形成され

た長方形のパターン列になっている。像面となるウェハステージ4上にはビーム調整用開口5が設けられている。ビーム調整用開口5は、投影光学系調整用パターンが理想的な焦点、倍率、回転、非点、歪み条件で結像されたときの像3と同一の形状とされている。

【0027】電子線2は不図示の偏向器によってビーム調整用開口5上を走査される。電子線2の走査に伴い、像3とビーム調整用開口5との一致具合が変化し、これに伴い、シンチレータ6で検出される電子線2の強度が変化する。シンチレータ6の出力は光電子増倍管7で電気信号に変えられて、図示しない処理装置で処理される。走査に伴う像3とビーム調整用開口5との相対関係、及び得られる信号の波形は図8に示したものと同一であり、図8におけるビーム調整用パターン8をビーム調整用開口5に置き換えればよい。

【0028】ただし、本実施の形態においては、反射電子でなく電子線の電子そのものを直接検出することができるので、検出される電子線の量が多くなる。また、検出器としてシンチレータ6を光電子増倍管7と組み合わせて使用しているので、検出感度も高くすることができる。これに加え、シンチレータ6をビーム調整用開口5の直下に設けることができるので、検出の見込み角を大きくすることができ、検出効率も上げることができる。

【0029】これらを総合すると、従来の反射電子検出方式に比して、検出器の感度とS/N比を上げることができるので、走査速度を遅くしたり繰り返し走査を行ってS/N比を上げる必要が無く、迅速に精度良く、レチクル又はレチクルステージとウェハステージとの相対位置関係を検出し、これらの位置合わせを行うことができる。なお、シンチレータ6と光電子増倍管7の代わりに半導体検出器を設置しても、利得は多少劣るが、高いS/Nで信号検出ができる。また、シンチレータ6と光電子増倍管7の代わりに、導電体を設け、電子線の電流を直接検出しても、利得、S/N、帯域は多少劣るが信号検出ができる。

【0030】また、開口を通過した信号のパターンを検出した後の、レチクル又はレチクルステージとウェハステージの位置合わせの手法については、従来技術の欄で説明したのと同じ方法によることができる。

【0031】ところで、レチクル又はレチクルステージとウェハステージとの相対位置関係の位置合わせには、サブミクロンのオーダーの精度が要求されるので、ビーム調整用開口5の幅は非常に小さなものが必要となり、100nm程度のものが使用される。このような微細な開口を厚さの厚いウェハステージに加工することは困難である。よって、シリコン基板等を利用し、ビーム調整用開口5を薄膜上に形成するようにすれば、周知のリソグラフィ技術が使用でき、微細な開口を精度良く作製することができる。

【0032】このようにして作製されたビーム調整用開

口5の例を図2に示す。以下の図において、前出の図中に示された構成要素と同じ構成要素には同じ符号を付して、その説明を省略することがある。図2において8はSi基板である。ウェハステージ4には開口が設けられ、その上にビーム調整用開口5が形成されたSi基板8が固定されている。Si基板8の表面にリソグラフィ技術を使用してビーム調整用開口5のパターンに相当する凹部を形成し、裏側を異方性エッチングすることにより、図に示すような形状のSi基板8が形成される。

【0033】裏側が異方性エッチングされた部分は薄膜となり、この部分にビーム調整用開口5が形成される。裏側が異方性エッチングされなかった部分は支持部材となる。なお、図においては、支持部材となる部分が薄膜部分に対して小さく書かれているが、実際には支持部材となる部分のほうははるかに大きく形成される。このようにして形成されたSi基板8を、裏返しにしてウェハステージ4に固定することにより図2に示した構造が形成される。

【0034】薄膜にビーム調整用開口5を形成した場合、開口部を通過しなかった荷電粒子線の一部は薄膜で吸収されるが、大部分は吸収されことなく散乱される。よって、荷電粒子線検出器とビーム調整用開口5の距離が近いと、この散乱線が広がらないうちに検出器に入り、特殊な形状のパターンを形成してS/N比を悪化させる。荷電粒子線検出器とビーム調整用開口5の距離が遠くなるにつれて、散乱線の空間密度は弱まり、検出器に検出される量は少なくなる。

【0035】通常、散乱線はcos分布、すなわち、散乱角を $\theta$ とすると $\cos \theta$ に比例するような強度分布を有する。一方、ビーム調整用開口5の開口幅と、その間の間隔の比が1:1とすることが多いので、これらを考慮すると、信号のS/N比を通常位置合わせに必要とされる信号のS/N比である10以上とするには、図3におけるSi基板表面(像面)と、シンチレータ6(荷電粒子線検出器)の検出面との距離dを、ビーム調整用開口5の開口幅xの3倍以上とする必要がある。

【0036】以下、本発明に係る半導体デバイスの製造方法の実施の形態の例を説明する。図4は、本発明の半導体デバイス製造方法の一例を示すフローチャートである。この例の製造工程は以下の各主工程を含む。

- ①ウェハを製造するウェハ製造工程(又はウェハを準備するウェハ準備工程)
  - ②露光に使用するマスクを製作するマスク製造工程(又はマスクを準備するマスク準備工程)
  - ③ウェハに必要な加工処理を行うウェハプロセッシング工程
  - ④ウェハ上に形成されたチップを1個ずつ切り出し、動作可能ならしめるチップ組立工程
  - ⑤できたチップを検査するチップ検査工程
- なお、それぞれの工程はさらにいくつかのサブ工程から

なっている。

【0037】これらの主工程の中で、半導体のデバイスの性能に決定的な影響を及ぼす主工程がウェハプロセッシング工程である。この工程では、設計された回路パターンをウェハ上に順次積層し、メモリやMPUとして動作するチップを多数形成する。このウェハプロセッシング工程は以下の各工程を含む。

①絶縁層となる誘電体薄膜や配線部、あるいは電極部を形成する金属薄膜等を形成する薄膜形成工程(CVDやスパッタリング等を用いる)

②この薄膜層やウェハ基板を酸化する酸化工程

③薄膜層やウェハ基板等を選択的に加工するためにマスク(レチクル)を用いてレジストのパターンを形成するリソグラフィ工程

④レジストパターンに従って薄膜層や基板を加工するエッチング工程(例えばドライエッチング技術を用いる)

⑤イオン・不純物注入拡散工程

⑥レジスト剥離工程

⑦さらに加工されたウェハを検査する検査工程

なお、ウェハプロセッシング工程は必要な回数だけ繰り返し行い、設計通り動作する半導体デバイスを製造する。

【0038】図5は、図4のウェハプロセッシング工程の中核をなすリソグラフィ工程を示すフローチャートである。このリソグラフィ工程は以下の各工程を含む。

①前段の工程で回路パターンが形成されたウェハ上にレジストをコートするレジスト塗布工程

②レジストを露光する露光工程

③露光されたレジストを現像してレジストのパターンを得る現像工程

④現像されたレジストパターンを安定化させるためのアニール工程

以上の半導体デバイス製造工程、ウェハプロセッシング工程、リソグラフィ工程については、周知のものであり、これ以上の説明を要しないであろう。

【0039】

【発明の効果】以上説明したように、本発明のうち請求項1に係る発明においては、荷電粒子線の物面におけるビーム位置と像面におけるビーム位置の相対関係を迅速に、かつ正確に合わせることができる。請求項2に係る発明においては、これに加え、特にS/N比の良い検出信号が得られる。

【0040】請求項3に係る発明においては、これらに加え、リソグラフィ技術等により微細な開口を精度良く加工することができる。請求項4に係る発明においては、これらに加え、荷電粒子線との強度比が10:1以上となり、必要なS/N比で信号を測定することができる。

【0041】請求項5に係る発明においては、微細なバ

ターンの映像を像面に正確に結像させることができると共に、位置合わせの時間を要しないのでスループットが向上する。請求項6に係る発明においては、集積度の高い半導体デバイスを歩留よく製造することができる。

【図面の簡単な説明】

【図1】 本発明の実施の形態である、電子線露光装置のビーム調整装置の1例における主要部を示す概要図である。

【図2】 薄膜上に形成されたビーム調整用開口の例を示す図である。

【図3】 像面と検出器面の位置関係を示す図である。

【図4】 本発明の実施例である荷電粒子線装置を用いた半導体デバイスの製造方法の例を示す図である。

【図5】 リソグラフィ工程の例を示す図である。

【図6】 従来の電子線露光装置の1例を示す図である。

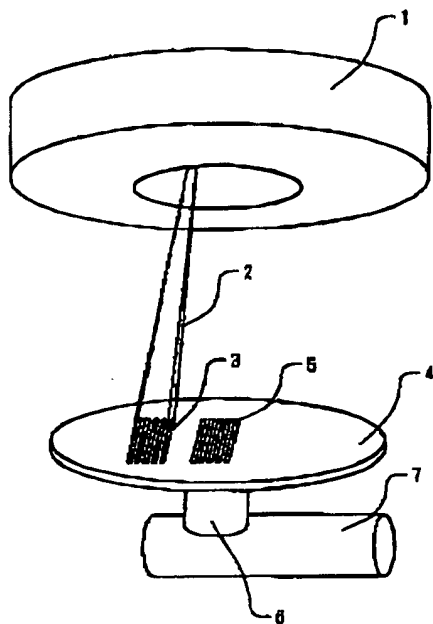
【図7】 従来行われていたレチクルステージとウェハステージの位置合わせを行う方法の例を示す図である。

【図8】 従来行われていたレチクルステージとウェハステージの位置合わせにおける信号波形とその形成過程を示す図である。

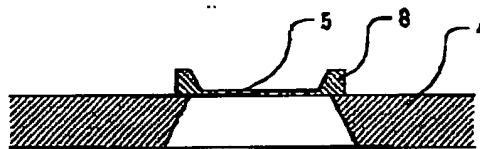
【符号の説明】

- 1…投影レンズ
- 2…電子線
- 3…投影光学系調整用パターンの像
- 4…ウェハステージ
- 5…ウェハステージに形成された開口
- 6…シンチータ
- 7…光電子増倍管
- 8…Si基板

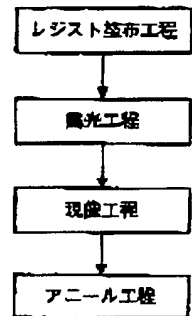
【図1】



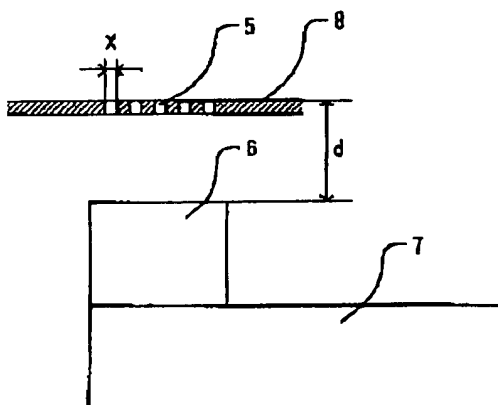
【図2】



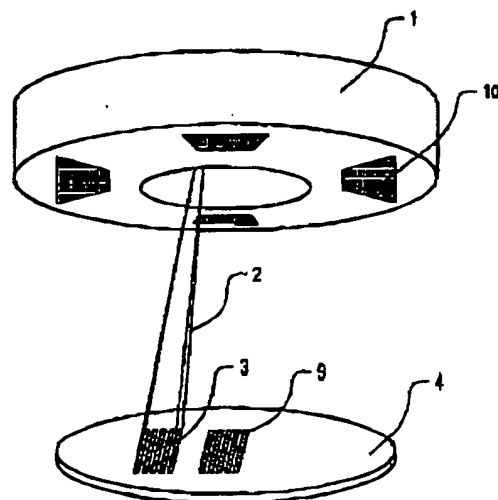
【図5】



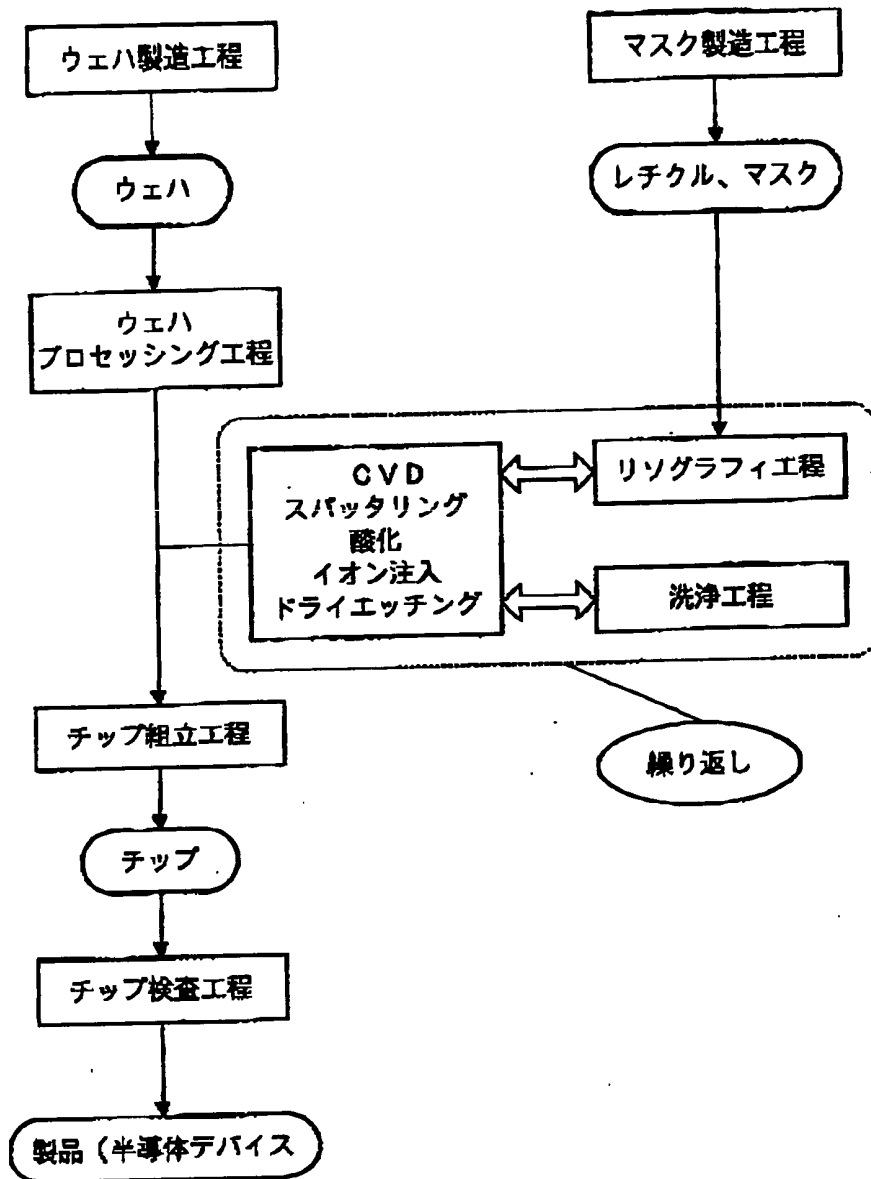
【図3】



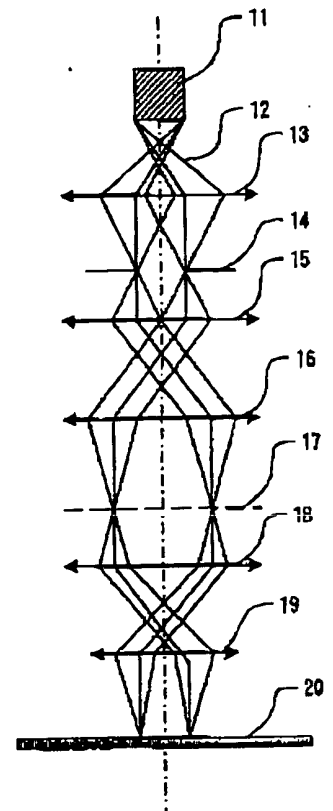
【図7】



【図4】



【図6】



特開2001-203149 (P2001-203149A)

【図8】

